

# 道路投資による空間的な経済効果の帰着状況

## ～通常時と被災時の比較分析～\*

### The Spatial Incidence of Economic Effects by Road Network Investments -Corresponding Case Studies between under the Usual and Disaster Settings-\*

小池淳司\*\*・佐藤啓輔\*\*\*

By Atsushi KOIKE\*\*・Keisuke SATO\*\*\*

#### 1. はじめに

道路投資による恩恵は、全国一律に享受できるわけではなく沿線地域を中心に偏在化する。その範囲は路線特性、地域特性、産業特性などに応じて様々であり一概に把握することは困難である。このような効果の帰着状況の相違は、道路投資額の適切な費用負担を設定しようとした場合に問題となる。ここで言う適切な費用とは、事業実施による限界便益と等しくなるような限界費用を示す。例えば、現行の制度では、直轄道路の整備費用の地方部の負担は、沿線地域の自治体が負担することとなっているが、“どの範囲までの自治体”が“どの程度”負担すべきか？について必ずしも適切な状況にない。仮に効果の波及が限定的であれば特定の自治体負担で十分であるし、効果が広範に波及するのであれば、その効果の規模に応じて適切な費用負担をすべきである。もちろん、国と地方の費用負担割合（現行の制度では直轄国道の整備費用は国；約7割，地方；約3割）についても議論が必要であるが、本稿では特に地方間の費用負担割合に着目するものとする。

一方、費用負担の設定にあたって把握すべき道路投資の効果（便益）については、一般的には通常時の利用を想定したアクセス時間の短縮効果に注目が集まるが、地方部においてはアクセス時間の短縮のみならず道路が有するリダンダンシー機能の効果も重要な要素のひとつである。つまり、道路被災時の代替路が確保されることにより迂回時間が軽減される効果である。そのため、特に地方部の道路事業の効果測定にあたっては、この2つの視点に着目した整理が必要であると考えられる。

以上をふまえて本稿では、道路投資による便益の帰着状況について空間的応用一般均衡（Spatial Computable General Equilibrium; SCGE）モデルを活用することで把握する。その際、道路整備による効果として通常

\*キーワード：公共事業評価法，道路計画

\*\*正員，工博，鳥取大学大学院工学研究科 准教授

（鳥取市湖山町南4-101、TEL0857-31-5313、FAX0857-31-0882）

\*\*\*正員，工修，技術士（総合技術監理部門・建設部門）

復建調査設計(株)地域経済戦略チーム 主任研究員

（広島市東区光町2-10-11、TEL082-506-1853、FAX082-506-1893）

時と被災時のそれぞれの効果を算出し、その相違点を把握することで今後の費用負担割合の議論の際の基礎的情報を提供することを目的とする。

#### 2. SCGEモデル（RAEM-Lightモデル）の概略

##### （1）RAEM-Lightモデルの特徴

通常のSCGEモデルは、産業連関表を基本とするモデル構造となっていることから、主に県単位のゾーニングで分析を行うことが一般的である。しかし、本稿の分析目的は自治体間の費用負担割合の検討であることから、県単位よりも小ゾーンの単位での分析が必要となる。

そこで、本稿では、RAEM-Lightモデル（小池・佐藤・川本（2008）<sup>1)</sup>）を活用する。RAEM-Lightモデルの基本的構造は、一般的なSCGEモデルと同様（図1参照）であり、各地域に代表的な経済主体として企業および家計が存在するものとし、それぞれが労働・財・資本市場で財・サービスの取引を行うものとしている。ただし、RAEM-Lightモデルでは交易モデルを導入することで、分析ゾーンを市町村単位まで細分化しており、ミクロなゾーニング単位での詳細な現象把握が可能である点が特徴的である。なお、本稿では、産業間の労働者の移動と地域間・産業間の資本移動によって生産能力が変化するものとしており、地域間の労働者移動については想定していない。

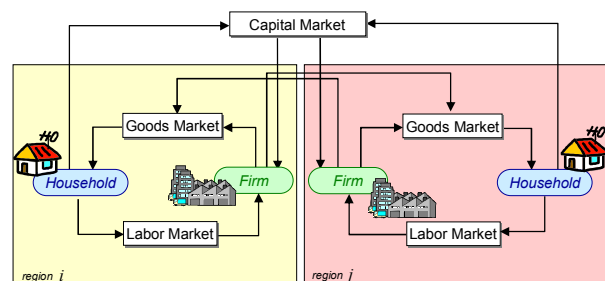


図1 RAEM-Lightのモデル構造

##### （2）RAEM-Lightモデルの構造式

RAEM-Lightのモデル構造の概略を表1に示す。

表1 モデル構造式

カテゴリ	モデル式
企業行動	<p>生産関数は、以下のレオンチェフ型で与える。</p> $y_i^m = \min \left\{ \frac{v_i^m}{a_i^{0m}}, \frac{x_i^{1m}}{a_i^{1m}}, \dots, \frac{x_i^{mm}}{a_i^{mm}}, \dots, \frac{x_i^{Mm}}{a_i^{Mm}} \right\}$ <p><math>y_i^m</math>: 生産量, <math>v_i^m</math>: 付加価値, <math>x_i^{mm}</math>: 中間投入, <math>a_i^{mm}</math>: 中間投入係数, <math>a_i^{0m}</math>: 付加価値係数</p> <p>付加価値関数は以下のCobb-Douglas型で与える</p> $v_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m}$ <p><math>L_i^m</math>: 労働投入, <math>K_i^m</math>: 資本投入, <math>\alpha_i^m</math>: シェアパラメータ, <math>A_i^m</math>: 効率パラメータ</p>
家計行動	<p>効用関数および予算制約式は以下のとおりである。</p> $\max U_i(d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln d_i^m$ $s.t. \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_{m \in M} p_i^m d_i^m$ <p><math>U_i</math>: 効用, <math>d_i^m</math>: 財 <math>m</math> の消費量, <math>\beta^m</math>: パラメータ, <math>\bar{K}</math>: 総資本量の初期値, <math>\bar{l}_i</math>: 労働投入の初期値 (<math>\bar{l}_i N_i = \bar{L}_i</math>), <math>T = \sum_j N_j</math>: 総人口, <math>p_i^m</math>: c.i.f. プライス</p>
取引行動	<p>購入先の選択行動は、以下のロジットタイプのモデルで与える。</p> $s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \tau^m t_{ij}^m)]}{\sum_{k \in I} y_k^m \exp[-\lambda^m q_k^m (1 + \tau^m t_{kj}^m)]}$ <p><math>s_{ij}^m</math>: 購入先選択確率, <math>y_i^m</math>: 生産量, <math>q_i^m</math>: f.o.b. プライス, <math>t_{ij}^m</math>: 交通抵抗, <math>\tau^m, \lambda^m</math>: パラメータ</p>
市場均衡条件	<p>市場均衡条件は、以下のとおりである。</p> <p>労働市場</p> $\sum_{m \in M} L_i^m = \bar{L}_i$ <p>資本市場</p> $\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m = \bar{K}$ <p>財市場 (需要サイド)</p> $\begin{bmatrix} 1 - a_i^{11} & \dots & 0 - a_i^{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 - a_i^{M1} & \dots & 1 - a_i^{MM} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} N_i d_i^1 \\ \vdots \\ N_i d_i^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^1 \\ \vdots \\ X_i^M \end{bmatrix}$ <p><math>z_{ij}^m = X_j^m s_{ij}^m</math></p> <p><math>z_{ij}^m</math>: 交易量, <math>X_j^m</math>: 最終需要</p> <p>財市場 (供給サイド)</p> $y_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \tau^m t_{ij}^m) z_{ij}^m$ <p>生産者価格体系</p> $q_j^m = a_{0j}^m c v_j^m + \sum_{m \in M} a_j^{mm} \sum_{i \in I} s_{ij}^m q_i^m (1 + \tau^m t_{ij}^m)$

本モデルでは、各地域の生産財の需給バランスが均衡するよう価格更新を行い、アウトプットを

算出する構造となっている。なお、本モデルでは施策の効果を計測する指標として経済的効果を等価変分 (EV: Equivalent Variation) を用いて以下のように定義した。

$$EV^i = (w_i^0 L_i^0 + r K_i^0) \left( \frac{e^{U_i^1} - e^{U_i^0}}{e^{U_i^0}} \right)$$

ただし、0,1: 道路整備の有無を表すサフィックス

### (3) 基準均衡データ

計算に用いた基準均衡データは、以下のデータソースを活用した。なお、産業分類は3分類 (第1次, 第2次, 第3次) とした。

表2 基準均衡データ

基準均衡データ	設定方法
$L_i^m, K_i^m$ (労働と資本)	各県産業連関表および市町村民経済計算よりゾーン別に設定
$v_i^m$ (付加価値)	市町村民経済計算よりゾーン別に設定
$N_i$ (人口)	国勢調査よりゾーン別に設定
$t_{ij}^m$ (地域間所要時間)	表3のデータを活用しDijkstra法により算出

表3 所要時間算出時のデータ

データ	出典
道路ネットワーク	DRM(Digital Road Network)1900における基本道路 (県道以上) ネットワーク (H19年度の道路ネットワーク)
リンク速度	H17 道路交通センサスの混雑時旅行速度 ※将来路線は設計速度
リンク延長	DRM1900内のリンク延長情報 ※将来路線は計画延長

## 3. シナリオ分析

### (1) 対象とする道路ネットワーク

本稿では、中国地方を中心に、四国、近畿、九州地方の道路ネットワークを対象とする (図2参照)。その中でも、現行の国道9号 (鳥取市~山口市間) および国道9号に並行して整備が予定 (一部整備済み) されている山陰道に着目し、通常時と被災時の道路ネットワーク整備の効果を分析する。

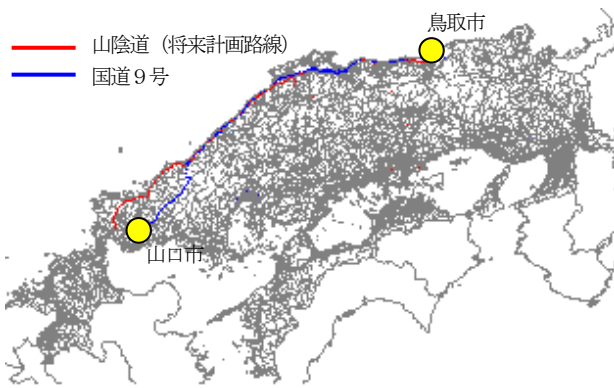


図2 対象ネットワーク

ゾーニングについては、下図に示すように中国地方内を市町村規模とし、そのほかの地域については、生活圏規模とした。

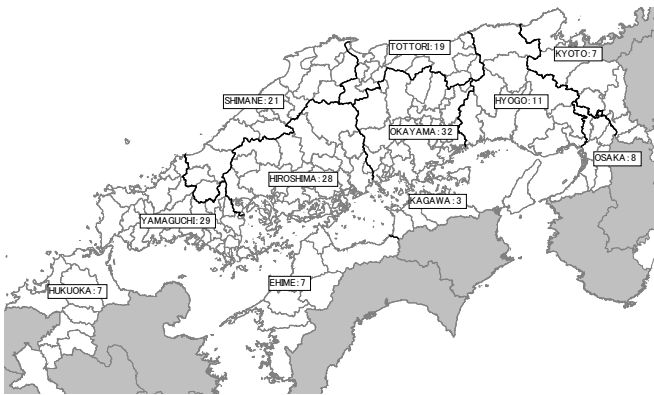


図3 対象地域のゾーニング

## (2) 検討ケースの条件設定

通常時および被災時の効果の計測条件を下表に示す。通常時は、時間短縮効果の計測を行うのに対して、被災時は迂回軽減効果としてリダンダンシー効果を計測する。なお、各ケースのゾーン間の所要時間は、表3のデータにもとづき表4のケースについて算出を行った。なお、本稿では、交通量配分を行っていないことから、計測する結果には、迂回による渋滞発生等の交通量の概念および高速道路等の料金の概念は入らない結果である点に留意する必要がある。

表4 検討ケースの条件

ケース	把握する効果
通常時	計測する効果； 山陰道整備による時間短縮効果 <b>Without:</b> 現況ネットワーク <b>With:</b> 現況ネットワークに山陰道を追加したネットワーク <b>時間短縮効果=With-Without</b>

被災時	計測する効果； 整備される山陰道が被災時の代替路として機能することによる迂回軽減効果 <b>Without:</b> 現況ネットワーク <b>With1:</b> 山陰道“未整備時”に並行する国道9号が被災し通行止めになったネットワーク <b>With2:</b> 山陰道“整備時”に平行する国道9号が被災し通行止めになったネットワーク <b>リダンダンシー効果=With2-With1</b>
-----	---

## (3) 分析結果

通常時の時間短縮効果の便益分布を図4に示す。この結果からは山陰道整備は、沿線地域のみならず広範囲にプラスの便益を帰着させる効果を有していることが分かる。特に、九州エリアは、山陰道整備による商圈拡大および市場活性化の結果、本分析の対象エリア全体のプラス便益に対して約2割程度の規模のプラス便益が帰着している結果となっている。

このような結果からは、通常利用時の効果の分布状況に着目すると、山陰道の整備費用の負担は、必ずしも沿線地域のみならず九州方面など広範囲の地域で負担すべきであるということになる。また、沿線地域の効果の帰着状況についても各都市で様々であることから、一律の負担ではなく規模に応じた費用負担が必要であることが分かる。

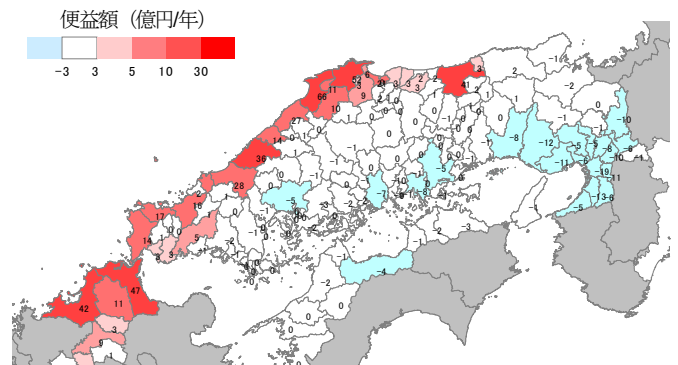


図4 通常時の時間短縮効果の便益分布

一方、被災時に山陰道が整備されていることによるリダンダンシー効果の便益分布(図5参照)をみると、通常利用時の効果と同様、九州方面への波及がみられる。通常時と被災時の効果の差異を図6のように変化率でとってみると、国道9号の代替路線が少ない鳥取県内および山口県内の一部地域においてリダンダンシー効果が非常に高くなっていることから、これらの地区にとっては、山陰道の整備は単に時間短縮効果だけでなく、被災時のリダンダンシー効果も重要な効果の要素であることが分かる。さらに、これらの代替路線の少ない地域への

影響が、スピルオーバー効果として周辺の地域へ波及していることが分かる。例えば、島根県東部の松江市周辺地区は既に一部の山陰道が整備され代替路も充実しているが、隣接する鳥取県側の効果がスピルオーバーし帰着する結果となっている。このような現象は、地域間の産業連関によって生じるものであり、リダンダンシー効果が必ずしも代替路の少ないエリアのみに帰着する効果でないことを把握することができる。つまり、道路投資の費用負担割合の設定にあたっては、このような状況を踏まえた設定が必要であることを示唆している。

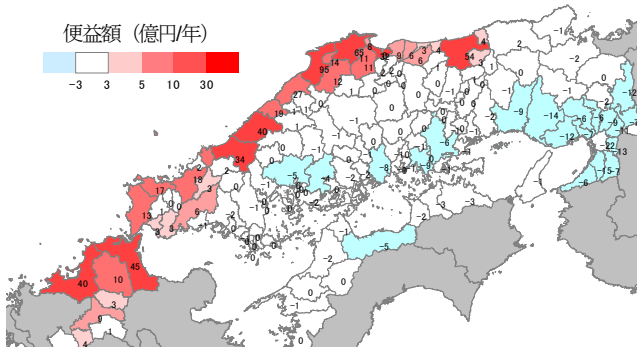


図5 被災時のリダンダンシー効果の便益分布

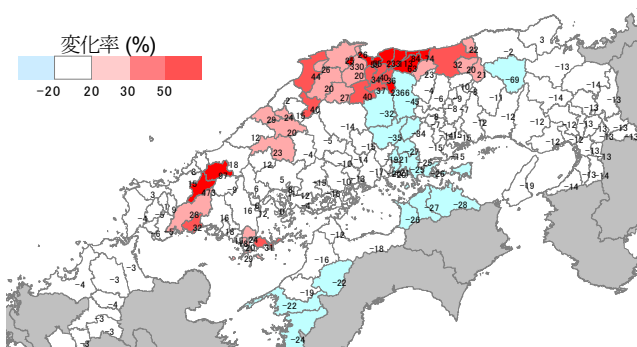


図6 通常時と被災時の便益分布の変化率 (%)  
(リダンダンシー効果-時間短縮効果) / (時間短縮効果)

以上の結果からは、道路投資による効果の空間的帰着状況は、その効果計測の環境（通常時と被災時）によって異なることが明らかになった。このような効果の相違は、単に必要性の議論を喚起するだけでなく、冒頭でも示した整備費用の負担割合の決定をする際に重要な情報・視点になるものと考えられる。特に、ケーススタディで検討したような地方部の道路整備の際は、整備予定の路線が有効な代替路として機能することが想定されることから、一般的な時間短縮効果のみならずリダンダンシー効果の把握が重要な要素であることが分かる。

#### (4)結果の留意点と課題

上述した結果については、以下の点に留意する必要がある。

- ・本稿においてRAEM-Light モデルにインプットしている所要時間データは、Dijkstra 法による所要時間最短経路探索結果の情報であり、料金抵抗や混雑変化を考慮に入れていない。そのため、特に被災時の迂回行動による渋滞発生等の状況を正確に表現できていない。
- ・リダンダンシー効果は、被災時に生じる効果であり効果の実額を計測するためには被災確率を乗じる必要がある。
- ・事業費の負担割合の検討に関する情報として、本稿では山陰道全線をひとつの事業単位として整理を行っているが、どの程度の範囲・規模のネットワーク（例えば事業区間単位、複数のネットワーク単位等）を対象に費用負担割合を検討すべきかについては議論が必要である。

#### 4. まとめ

本稿では、道路整備による空間的な経済効果の帰着状況について、通常時と被災時の状況を比較することで分析を行った。従来の整備効果計測手法の基本的なアプローチは空間の概念を取り入れない“効果の総数の計測”に主眼がおかれていたため、誰がどの程度の効果を受けるのかが不明確となっており、結果的に費用負担割合のように空間の概念が必要となる意思決定の際に必ずしも望ましい方法で決定されていなかったと言える。

今後、地方分権化が進み、地方自治体間での調整事項が多くなることが予想される中、このような空間的な効果の帰着状況の計測は、議論のコンセンサスを得る際の客観的な基礎情報として非常に有効であると考えられる。今後はモデルの前提条件を実務ニーズにあわせて改良することでより有効な分析ツールとして改良していくことが必要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 小池淳司, 佐藤啓輔, 川本信秀, 空間的応用一般均衡モデル「RAEM-Light」を用いた道路ネットワーク評価～地域間公平性の視点からの実務的アプローチ～, 土木計画学研究・論文集 Vol.26, pp161, 2009.
- 2) Atsushi KOIKE, Lori TAVASSZY and Keisuke SATO, The Risk Management Analysis for the Road Maintenance Cost in Japan with SCGE model “RAEM-Light”, Proceedings for Presentation of 89<sup>th</sup> TRB Annual Meeting, 2010.
- 3) Tatano H, Tsuchiya, S (2008). A framework for economic loss estimation due to seismic transportation network disruption: a spatial computable general equilibrium approach, Nat Hazards 44 253-265, 2008.